



JP2004264702



INVESTOR IN PEOPLE

PN - JP2004264702 A 20040924

PD - 2004-09-24

PR - JP20030056303 20030303

OPD - 2003-03-03

TI - MICROELECTRONIC MECHANICAL SYSTEM ELEMENT AND OPTICAL DEVICE

AB - <P>PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a microelectronic mechanical system (MEMS) element in which the non-returning of a **mirror** and the break of a hinge part are prevented even when a hinge part which turns a **mirror** is made slender, and such optical devices using the element as an optical attenuator, an optical switch and an optical scanner. <P>SOLUTION: A **mirror** part 202 and an actuators 205 and 206 are connected to fixed parts 209 and 210 with a torsion **springs** (hinge part) 207 and 208, respectively, and receive a turning force around a turning axis 203 by an electrostatic attracting force of the actuators 205 and 206 and a silicon substrate 215 generated with a power source. The length in the thickness direction of a predetermined layer which composes the hinge part is longer than the length in the plane direction which is orthogonal to the thickness direction, thus a strong resistance is given against an impulsive force in the thickness direction. Further, a stopper part 219 deters an excessive movement in the horizontal direction. A shape which has a strong resistance against an impulsive force is adopted at a part which is connected to the both end parts of the hinge.

<P>COPYRIGHT: (C)2004,JPO&NCIPI

IN - ISAMOTO KEIJI; TOSHIYOSHI HIROSHI; TEI SHIYOUKOU

PA - SUN TEC KK

IC - G02B26/08; G02B26/02; G02B26/10

© WPI / DERWENT

TI - Micro electro mechanical system element in optical device, has torsion **springs** formed in predetermined layer whose length in thickness direction is longer than the length in direction orthogonal to thickness direction

PN - JP2004264702 A 20040924 DW200468 G02B26/08 017pp

PA - (SUNO) SUNTECH KK

IC - G02B26/02 ;G02B26/08 ;G02B26/10

AB - JP2004264702 NOVELTY - The element has **mirror** (202) and actuators (205,206) that are connected to fixing portions (209,210) by torsion **springs** (207,208) formed in predetermined layer, such that the reflective direction of incident light is changed according to rotation of actuator. The length of predetermined layer in the thickness direction is longer than the length of the layer, in direction orthogonal to thickness direction.

- DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for optical device.

- USE - Micro electro mechanical system (MEMS) element in optical device (claimed) such as optical attenuator, optical switch, light scanner.

- ADVANTAGE - The damage of the **springs** is avoided, and low voltage drive is achieved.

- DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows an explanatory drawing of the micro electro mechanical system element.

- **mirror** portion 202

- actuators 205,206

- torsion **springs** 207,208

- fixing portions 209,210

- (Dwg.1/12)

OPD - 2003-03-03

AN - 2004-693590 [68]

PR - JP20030056303 20030303

© PAJ / JPO



JP2004264702



INVESTOR IN PEOPLE

- PN - JP2004264702 A 20040924
PD - 2004-09-24
AP - JP20030056303 20030303
IN - ISAMOTO KEIJI;TOSHIYOSHI HIROSHI;TEI SHIYOUKOU
PA - SUN TEC KK
TI - MICROELECTRONIC MECHANICAL SYSTEM ELEMENT AND OPTICAL DEVICE
AB - PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a microelectronic mechanical system (MEMS) element in which the non-returning of a mirror and the break of a hinge part are prevented even when a hinge part which turns a mirror is made slender, and such optical devices using the element as an optical attenuator, an optical switch and an optical scanner.
- SOLUTION: A mirror part 202 and an actuators 205 and 206 are connected to fixed parts 209 and 210 with a torsion springs (hinge part) 207 and 208, respectively, and receive a turning force around a turning axis 203 by an electrostatic attracting force of the actuators 205 and 206 and a silicon substrate 215 generated with a power source. The length in the thickness direction of a predetermined layer which composes the hinge part is longer than the length in the plane direction which is orthogonal to the thickness direction, thus a strong resistance is given against an impulsive force in the thickness direction. Further, a stopper part 219 deters an excessive movement in the horizontal direction. A shape which has a strong resistance against an impulsive force is adopted at a part which is connected to the both end parts of the hinge.
I - G02B26/08 ;G02B26/02 ;G02B26/10

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-264702

(P2004-264702A)

(43) 公開日 平成16年9月24日(2004.9.24)

(51) Int. Cl.⁷

G02B 26/08

G02B 26/02

G02B 26/10

F1

G02B 26/08

G02B 26/02

G02B 26/10

E

E

104Z

テーマコード(参考)

2H041

2H045

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号

特願2003-56303 (P2003-56303)

(22) 出願日

平成15年3月3日(2003.3.3)

(71) 出願人 591102693

サンテック株式会社

愛知県小牧市大字大草字年上坂5823番地

(74) 代理人 100083987

弁理士 山内 梅雄

(72) 発明者 諫本 圭史

愛知県小牧市大字大草字年上坂5823番地 サンテック株式会社製品開発部内

(72) 発明者 年吉 洋

神奈川県横浜市青葉区すみよし台17-53

(72) 発明者 鄭 昌鍋

愛知県小牧市大字大草字年上坂5823番地 サンテック株式会社製品開発部内

最終頁に続く

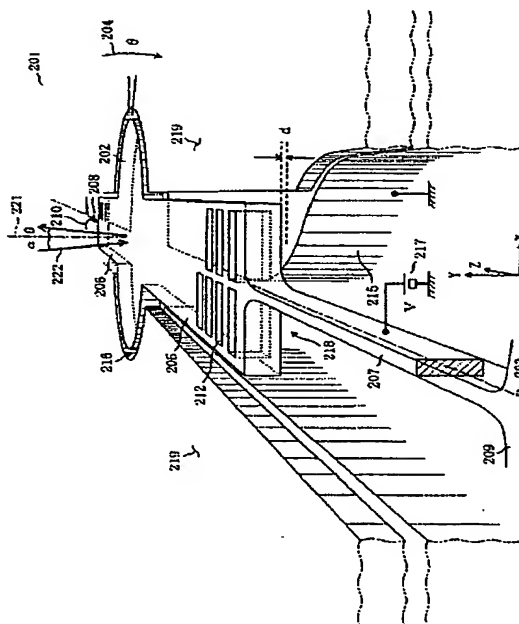
(54) 【発明の名称】 MEMS素子および光デバイス

(57) 【要約】

【課題】ミラーを回転させるヒンジ部を細くしてもミラーが元に戻らない状態やヒンジ部の破損を回避することのできるMEMS素子およびこれを使用した光減衰器、光スイッチ、光スキャナ等の光デバイスを得ること。

【解決手段】ミラー部202とアクチュエータ205、206はトーションスプリング(ヒンジ部)207、208によって固定部209、210に接続され、電源217によるアクチュエータ205、206とシリコン基板215の静電的な引力によって回転軸203の回りを回転する力を受ける。ヒンジ部を構成する所定層の厚さ方向の長さがこれと直交する面方向の長さよりも長いので、厚さ方向の衝撃に強い。またストッパ部219が水平方向の過度な移動を阻止する。ヒンジ部の両端部と接合する箇所にも衝撃に強い形状が採られている。

【選択図】 図1



【請求項5】

一方の電極となる導電性の基板と、この基板と絶縁状態で間隔を置いて平行に配置された導電性の所定層から形成され、前記一方の電極との間に印加される静電的な力によって所定の回転軸を中心として回転力を生じるアクチュエータと、前記所定層から同じく形成され前記回転軸に沿って前記アクチュエータと所定の固定箇所との間を接続するヒンジ部材と、前記アクチュエータと一体的に配置され、アクチュエータの回転に応じて入射光の反射方向を変化させるミラーと、前記所定層から同じく形成され前記アクチュエータの前記回転軸を中心とした回転範囲からわずかに離れた位置に固定されたストッパとを備えたMEMS素子と、

このMEMS素子の前記基板と前記所定層との間に電圧を印加する電源と、

この電源の電圧印加に応じて傾斜する前記ミラーを用いて光線の入出力を行う入出力手段とを具備することを特徴とする光デバイス。

【請求項6】

一方の電極となる導電性の基板と、この基板と絶縁状態で間隔を置いて平行に配置された導電性の所定層から形成され、前記一方の電極との間に印加される静電的な力によって所定の回転軸を中心として回転力を生じるアクチュエータと、前記所定層から同じく形成され前記回転軸に沿って前記アクチュエータと所定の固定箇所との間を接続する棒状部材であってアクチュエータとの接続箇所でのこのアクチュエータに近づく方向に少なくとも所定距離の範囲内では前記回転軸と直交する前記所定層の面方向の長さが幅広となったヒンジ部材と、前記所定層から同じく形成され前記固定箇所に位置的に固定して配置され、ヒンジ部材との接続箇所でのこのヒンジ部材から遠ざかる方向に少なくとも所定距離の範囲内では前記回転軸と直交する前記所定層の面方向の長さが幅広となった固定部材と、前記アクチュエータと一体的に配置され、アクチュエータの回転に応じて入射光の反射方向を変化させるミラーを備えたMEMS素子と、

このMEMS素子の前記基板と前記所定層との間に電圧を印加する電源と、

この電源の電圧印加に応じて傾斜する前記ミラーを用いて光線の入出力を行う入出力手段とを具備することを特徴とする光デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は微小電気機械システムとしてのMEMS素子と、これを使用した光減衰器、光スイッチ、光スキャナ等の光デバイスに係わり、特にチルトミラーを使用したMEMS素子と、MEMS素子を使用した光デバイスに関する。

【0002】

【従来の技術】

光通信技術の発展に伴い、各種の光デバイスが開発されている。この中で、微細構造デバイスとしてのMEMS (Micro Electro Mechanical System) 素子が近年注目を集めている。MEMS素子は固体の弾性的あるいは機械的な性質を制御する技術を応用したもので、金属等の各種の材料で作られた従来の機械システムをシリコン加工により極小サイズで製造するデバイスである。部品が小型のため最終的な製品も小さくなるという利点があり、また金属疲労が無く、素子としての信頼性が高い。

【0003】

MEMS素子のうちで、その一部にミラーが備えられているものは、電圧を印加することでこのミラーの傾斜角やミラーの位置を変化させ、入射した光の反射方向等を変化させることができる (たとえば特許文献1)。この原理を用いることで、MEMS素子を使用した光減衰器や光スイッチあるいは光スキャナ等の各種の光デバイスを製造することができる。傾斜角を変化させるミラーを備えたMEMS素子では、ミラー自体が比較的大面積であっても、電圧印加に応じて傾斜角が変化したときに反りが少ないことが重要である。また、このような精度の高いMEMS素子が簡単なプロセスで製造できることが求められている。以下、単にMEMS素子と表現するときにはその一部にミラーを備えた素子をいう

1の間に電圧を印加することで、矢印130で示すように静電引力が働き、ヒンジ部128₁、128₂を回転中心としてミラー部127を矢印132、133方向にチルトさせることができる。すなわちミラー部127を上方向に蹴り上げるように傾斜させることができる。これにより、静電引力による駆動時に傾斜角度をより大きく変化させることができる。また図11と図12を比較すると分かるように、ミラー面をより大型のものとすることも可能である。

【0012】

なお、図12でポリシリコン薄膜124はヒンジ部128₁、128₂を結ぶ直線（回転軸）に対して図でわずかに左側が長くなった形状となっている。これは回転軸を中心に左右の重さのバランスをとることで最も効率的な駆動特性を得るようにするためである。図で回転軸の左側を構成するポリシリコン薄膜124の幅を右側よりも若干広くしても、同様に質量によるモーメントを左右対称として駆動特性を最も効率的なものとすることができる。

【0013】

【特許文献1】

特開2001-174724号公報（第0017段落、図5）

【0014】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、MEMS素子に関してもこれが組み込まれる装置の他の電子回路等との兼ね合いで低電圧駆動の要請が強い。たとえば図12に示したMEMS素子で低電圧駆動に対処しようすると、ヒンジ部128₁、128₂をより細くあるいは長くして、その曲げ剛性を低下させ、わずかの静電引力でミラー部127が回転する必要がある。

【0015】

ところが、このようにヒンジ部128₁、128₂を細くしたり、その曲げ剛性を低下させると、MEMS素子に何らかの原因で大きな衝撃が加わったときに、ミラー部がヒンジ部128₁、128₂を中心として回転し、その端部が非導電体の基板122に衝突したり、ミラー部自体が横揺れする。ヒンジ部128₁、128₂が細くなるとこのような衝突や横揺れがひどくなり、場合によってはヒンジ部128₁、128₂自体が破壊されるといった現象を生じる。

【0016】

そこで本発明の目的は、ミラーを回転させるヒンジ部に外力が加わったような場合でも、その破損を回避することのできるMEMS素子およびこれを使用した光減衰器、光スイッチおよび光スキャナ等の光デバイスを提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】

請求項1記載の発明では、（イ）一方の電極となる導電性の基板と、（ロ）この基板と絶縁状態で間隔を置いて平行に配置された導電性の所定層から形成され、前記した一方の電極との間に印加される静電的な力によって所定の回転軸を中心として回転力を生じるアクチュエータと、（ハ）前記した所定層から同じく形成され回転軸を中心軸としてアクチュエータと所定の固定箇所との間を接続する棒状部材であって前記した所定層の厚さ方向の長さがこれと直交する面方向の長さよりも長いヒンジ部材と、（ニ）アクチュエータと一体的に配置され、アクチュエータの回転に応じて入射光の反射方向を変化させるミラーとをMEMS素子に具備させる。

【0018】

すなわち請求項1記載の発明では、導電性の基板の上のアクチュエータがこの基板との静電的な力によってヒンジ部材を中心として回転しミラーの入射光の反射方向を変化させるようになっている。低電圧駆動の要請等によってヒンジ部材の断面の面積が小さくなっている場合であっても、この棒状のヒンジ部材を構成する所定層の厚さ方向の長さがこれと直交する面方向の長さよりも長いので、同じくこの所定層から構成されるミラーやアクチュエータにこの所定層の厚さ方向の力が作用してもこれに耐えることができヒンジ部の破

段とを光デバイスに具備させる。

【0024】

すなわち請求項4記載の発明では、請求項1記載のMEMS素子を、光減衰器、光スイッチ、光スキャナ等のミラーの傾斜角を用いて光の減衰率の調整や光のオン・オフあるいは光の走査等に利用する光デバイスに応用し、光デバイス自体の耐衝撃性を高めている。

【0025】

請求項5記載の発明では、(イ)一方の電極となる導電性の基板と、この基板と絶縁状態で間隔を置いて平行に配置された導電性の所定層から形成され、前記した一方の電極との間に印加される静電的な力によって所定の回転軸を中心として回転力を生じるアクチュエータと、前記した所定層から同じく形成され回転軸に沿ってアクチュエータと所定の固定箇所との間を接続するヒンジ部材と、アクチュエータと一体的に配置され、アクチュエータの回転に応じて入射光の反射方向を変化させるミラーと、前記した所定層から同じく形成されアクチュエータの回転軸を中心とした回転範囲からわずかに離れた位置に固定されたストッパとを備えたMEMS素子と、(ロ)このMEMS素子の基板と前記した所定層との間に電圧を印加する電源と、(ハ)この電源の電圧印加に応じて傾斜するミラーを用いて光線の入出力を行う入出力手段とを光デバイスに具備させる。

【0026】

すなわち請求項5記載の発明では、請求項2記載のMEMS素子を、光減衰器、光スイッチ、光スキャナ等のミラーの傾斜角を用いて光の減衰率の調整や光のオン・オフあるいは光の走査等に利用する光デバイスに応用し、光デバイス自体の耐衝撃性を高めている。

【0027】

請求項6記載の発明では、(イ)一方の電極となる導電性の基板と、この基板と絶縁状態で間隔を置いて平行に配置された導電性の所定層から形成され、前記した一方の電極との間に印加される静電的な力によって所定の回転軸を中心として回転力を生じるアクチュエータと、前記した所定層から同じく形成され回転軸に沿ってアクチュエータと所定の固定箇所との間を接続する棒状部材であってアクチュエータとの接続箇所でのこのアクチュエータに近づく方向に少なくとも所定距離の範囲内では回転軸と直交する前記した所定層の面方向の長さが幅広となったヒンジ部材と、前記した所定層から同じく形成され固定箇所に位置的に固定して配置され、ヒンジ部材との接続箇所でのこのヒンジ部材から遠ざかる方向に少なくとも所定距離の範囲内では回転軸と直交する前記した所定層の面方向の長さが幅広となった固定部材と、アクチュエータと一体的に配置され、アクチュエータの回転に応じて入射光の反射方向を変化させるミラーを備えたMEMS素子と、(ロ)このMEMS素子の基板と前記した所定層との間に電圧を印加する電源と、(ハ)この電源の電圧印加に応じて傾斜するミラーを用いて光線の入出力を行う入出力手段とを光デバイスに具備させる。

【0028】

すなわち請求項6記載の発明では、請求項3記載のMEMS素子を、光減衰器、光スイッチ、光スキャナ等のミラーの傾斜角を用いて光の減衰率の調整や光のオン・オフあるいは光の走査等に利用する光デバイスに応用し、光デバイス自体の耐衝撃性を高めている。

【0029】

【発明の実施の形態】

【0030】

【実施例】

以下実施例につき本発明を詳細に説明する。

【0031】

図1は本発明の実施例におけるMEMS素子の要部を斜め上方から見たものである。このMEMS素子201は、円盤状のミラー部202を備えている。このミラー部202は、円盤の中心部を上面と平行な方向に貫通する1本の回転軸203を中心として傾斜角度 θ で矢印204方向に回転するようになっている。ミラー部202は、この回転軸203の貫通した2方向に突出した第1および第2のアクチュエータ205、206を備えている。

なお、この図1では層構造を分かりやすくするために、第1のアクチュエータ205の手前側(電源217を示している側)のシリコン基板215およびストッパ部219を適宜切除して図解している。また、上部電極層とシリコン基板215の間の中間層の図示は省略している。

【0037】

図2は、本実施例のMEMS素子の平面構造を表わしたものである。この図で実線224、225で示したのがストッパ部219における第1または第2のアクチュエータ205、206に対するストッパとしての役割を果たす前記した端部を示したものである。すでに説明したようにストッパ部219はミラー部202や第1または第2のアクチュエータ205、206と同一の上部電極層で構成されている。本来、ミラー部202や第1または第2のアクチュエータ205、206以外のこれらの領域は下部電極としてのシリコン基板215が露出しているもよい。本実施例のMEMS素子201ではこれらの領域に上部電極層を残すことで、ミラー部202や第1または第2のアクチュエータ205、206と対向する壁を作り、これによってY軸方向の不必要な移動を阻止するようにしている。

【0038】

図3は、図2でA-A方向にMEMS素子を切断した場合の端面の構造を表わしたものである。図3に示すように実施例ではミラー部202の上部に金の薄膜からなる反射層231が形成されている。また、ミラー部202の直下のシリコン基板215は図で下方からくり抜かれ、円形開口部216を形成している。ストッパ部219はミラー部202を挟むような形でそれぞれ所定の間隔を置いてこの両側に配置されている。

【0039】

図4は、図2でB-B方向にMEMS素子を切断した場合の端面の構造を表わしたものである。この図では図2における第2のアクチュエータ206を横断する形で切断している。第2のアクチュエータ206には、エッチングホールとしての開口212が上下に貫通している。この開口212は、第2のアクチュエータ206を構成する上部電極層とシリコン基板215の間にMEMS素子のパターン作成処理前にこの部分に存在していた図示しない中間層(活性層)をエッチングによって除去する際のエッチング液の染み込みを促進させる役割を果たしている。また、上部電極層を構成する第1および第2のアクチュエータ205、206(図1および図2)が印加電圧に応じて傾斜する際に、スクイーズダンピングと呼ばれる空気の粘性抵抗を低減して高速動作を可能とする。ストッパ部219は第2のアクチュエータ206を挟むような形で所定の間隔を置いてこの両側に配置されている。図示しないが第1のアクチュエータ205とストッパ部219の関係も同様である。

【0040】

図5(a)は、図2でC-C方向にMEMS素子を切断した場合の端面の構造を表わしたものである。この図では図2における第1のトーションスプリング207を横断する形で切断している。ストッパ部219は第1のトーションスプリング207を挟むような形で所定の間隔を置いてこの両側に配置されている。同図(b)は第1のトーションスプリングの断面を拡大して示したものである。本実施例では第1のトーションスプリング207のX軸方向の長さY軸方向の長さは1対10程度となっている。この場合、X軸方向の第1のトーションスプリング207の長さは最も短い場合には数 μ m程度となる。図示しないが第2のトーションスプリング208とストッパ部219の関係も同様である。

【0041】

図6は、この実施例のMEMS素子をバルクマイクロマシニングによって製造するプロセスを示したものである。まず、同図(a)に示すようにシリコン基板215と中間層241および上部電極層242がそれぞれ所望の厚さとなった3層構造のウェハ243を用意する。ここでシリコン基板215と上部電極層242は共にシリコン(Si)にボロン(B)やリン(P)等の不純物をドーブして導体としたものである。中間層241はシリコン酸化膜(SiO_2)である。このうち、上部電極層242は、図1等で説明したミラー

および第2のトーションスプリング207、208が第1および第2の固定部209、210のうちの対応するもので終端している。第1の変形例では第1および第2のトーションスプリング207A、208Aが第1および第2の補強部209A、210Aを途中で挟んで更に延長されており、ストッパ部219の一部をなす第1および第2の緩衝吸収領域301、302に接続されている。

【0048】

これら第1および第2の緩衝吸収領域301、302は第1および第2の補強部209A、210Aと共に上部電極層242を構成しているが、第1および第2のトーションスプリング207A、208Aの終端が90度以上の鈍角で他の部材と接続されるように渦巻き状に進路を変え、進路を2分岐することで力の掛かる方向を2つに分散している。なお、第1および第2の補強部209A、210Aは第1の実施例における第1および第2の固定部209、210と異なり位置的に固定されているものではない。第1および第2の補強部209A、210Aは中間層としての酸化層を除去するまでの工程での強度を保持するための役割を果たしており、第1および第2のトーションスプリング207A、208Aは第1または第2の緩衝吸収領域301、302で固定されている。

【0049】

したがって、MEMS素子201AにZ軸方向(図1)の衝撃が加わったとき、第1の実施例ではこれを図2に示す第1および第2の固定部209、210で受け止めていたが、第1の変形例では第1および第2の補強部209A、210Aならびに第1および第2の緩衝吸収領域301、302で受け止めるようになっている。これにより、Z軸方向の衝撃に対する耐力が飛躍的に増大する。なお、第1の実施例および第1の変形例共に、第1または第2のトーションスプリング207、208、207A、208Aの両端の接続箇所は、図1にも示されているようにR(アール)を形成し、次第に幅広となって対向するアクチュエータ205、206あるいは補強部209A、210Aと接続されている。これもZ軸方向の衝撃に対する耐力の増強に効果がある。

【0050】

また、第1および第2のトーションスプリング207Aおよび208Aの横に壁を設けることで、構造体のパターンをエッチングで作製する際のばらつきを低減することができる。

【0051】

<第1の実施例の第2の変形例>

図8は本発明の第1の実施例のMEMS素子の第2の変形例における平面構造を表わしたものである。この第2の変形例のMEMS素子201Bでは、ミラー部202の周辺と第1または第2のアクチュエータ205、206におけるZ軸(図1)に平行な側部に沿って第1および第2のストッパ部311、312が所定の幅を有する壁状に設けられている。したがって、この図に示すようにMEMS素子201Bを上から見たとき、ミラー部202、第1および第2のアクチュエータ205、206、第1および第2のトーションスプリング207、208、第1および第2の固定部209、210ならびに第1および第2のストッパ部311、312以外の部分では下部電極としてのシリコン基板215が露出している。このように第1および第2のストッパ部311、312を壁のような構造にしても、衝撃に対するストッパとしての効果を得ることができる。

【0052】

<第2の実施例>

【0053】

図9は、本発明の第2の実施例として第1の実施例のMEMS素子を光減衰器に応用した例を示したものである。この光減衰器501は、減衰を行う光を入射する第1の光ファイバ502と減衰後の光を射出する第2の光ファイバ503のそれぞれ端部近傍を收容するキャピラリ504を備えている。このキャピラリ504における第1および第2の光ファイバ502、503の端部側にはレンズホルダ505が接続されている。第1の光ファイバ502から射出された光は、このレンズホルダ505内を進行して非球面レンズ506

更に請求項3記載の発明によれば、ヒンジ部材は所定層から形成されており、回転軸に沿ってアクチュエータと固定箇所との間を接続している棒状の部材であるが、その固定箇所にはヒンジ部材から遠ざかる方向に少なくとも所定距離の範囲内では回転軸と直交する前記した所定層の面方向の長さが幅広となった固定部材が配置されているので、ヒンジ部材の長手方向の衝撃をこの幅広となった固定部材の部分でゆるやかに吸収することができ、その破損を効果的に防止することができるので、ヒンジ部材を細長くしてその剛性を低下させ低電圧駆動を実現することが可能になる。

【0063】

また、請求項4記載の発明によれば、請求項1記載のMEMS素子を、光減衰器、光スイッチ、光スキャナ等のミラーの傾斜角を用いて光の減衰率の調整や光のオン・オフあるいは光の走査等に利用する光デバイスに応用し、光デバイス自体の耐衝撃性を高めると共に低電圧駆動を実現することができる。

【0064】

更に請求項5記載の発明によれば、請求項2記載のMEMS素子を、光減衰器、光スイッチ、光スキャナ等のミラーの傾斜角を用いて光の減衰率の調整や光のオン・オフあるいは光の走査等に利用する光デバイスに応用し、光デバイス自体の耐衝撃性を高めると共に低電圧駆動を実現することができる。

【0065】

また請求項6記載の発明によれば、請求項3記載のMEMS素子を、光減衰器、光スイッチ、光スキャナ等のミラーの傾斜角を用いて光の減衰率の調整や光のオン・オフあるいは光の走査等に利用する光デバイスに応用し、光デバイス自体の耐衝撃性を高めると共に低電圧駆動を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例におけるMEMS素子の要部斜視図である。

【図2】実施例のMEMS素子の要部を上から見た平面図である。

【図3】図2でMEMS素子の要部をA-A方向に切断した端面図である。

【図4】図2でMEMS素子の要部をB-B方向に切断した端面図である。

【図5】図2でMEMS素子の要部をC-C方向に切断した端面図である。

【図6】実施例のMEMS素子をバルクマイクロマシニングによって製造する一連のプロセスを示した説明図である。

【図7】本発明の第1の実施例の第1の変形例におけるMEMS素子の要部を表わした平面図である。

【図8】本発明の第1の実施例の第2の変形例におけるMEMS素子の要部を表わした平面図である。

【図9】本発明の第2の実施例として第1の実施例のMEMS素子を光減衰器に応用した例を示した概略構成図である。

【図10】本発明の第3の実施例として第1の実施例のMEMS素子を光スキャナに応用した例を示した概略構成図である。

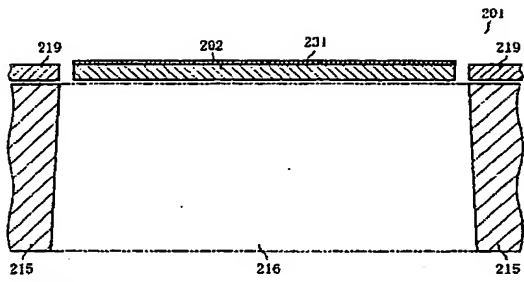
【図11】従来SOIプロセスを使用して製造されたMEMS素子の平面および断面を示した図である。

【図12】表面マイクロマシニングにより従来製造されたMEMS素子の平面および断面を示した図である。

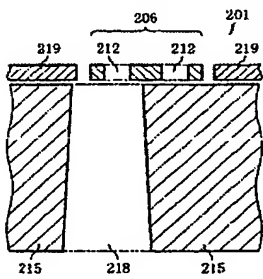
【符号の説明】

- 201、201A、201B MEMS素子
- 202 ミラー部（上部電極）
- 203 回転軸
- 205、206 アクチュエータ（上部電極）
- 207、208 トーションスプリング（ヒンジ部）
- 209、210 固定部
- 215 シリコン基板（下部電極）

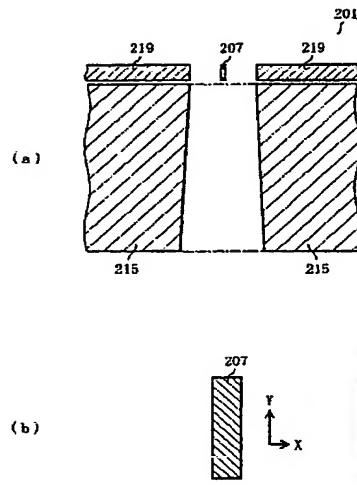
【図3】



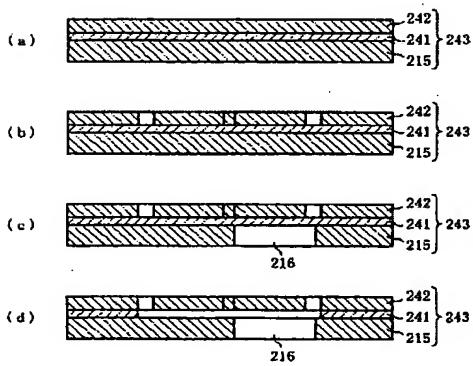
【図4】



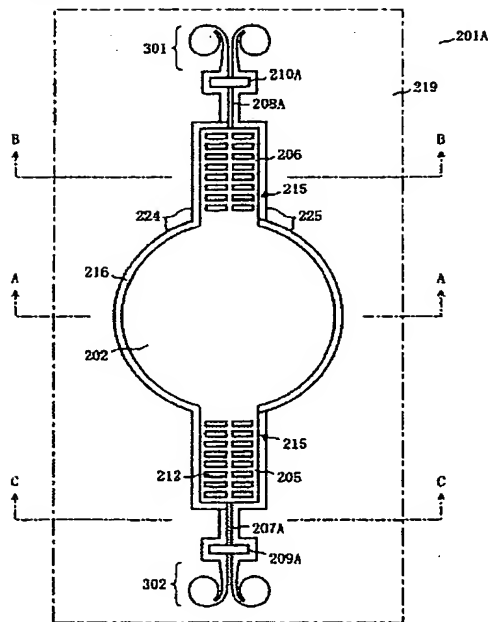
【図5】



【図6】



【図7】



Fターム(参考) 2H041 AA02 AA14 AB14 AC06 AZ02 AZ06 AZ08
2H045 AB16 AB73